

(3)

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Off nl gungsschrift  
11 DE 3741284 A1

51 Int. Cl. 4:  
G02B 6/26  
H 04 B 9/00

21 Aktenzeichen: P 37 41 284.1  
22 Anmeldetag: 5. 12. 87  
43 Offenlegungstag: 15. 6. 89

DE 3741284 A1

71 Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,  
DE

72 Erfinder:

Hillerich, Bernd, Dipl.-Phys., 7900 Ulm, DE; Weidel,  
Edgar, Dipl.-Phys., 7913 Senden, DE

54 Faseroptischer Mehrfachkoppler

Die Erfindung betrifft einen faseroptischen Mehrfachkoppler, der insbesondere für Monomode-Lichtwellenleiter geeignet ist und bei dem bikonische Schmelzkoppler derart verwendet werden, daß eine kompakte und robuste Bauart möglich ist und daß Überkreuzungen von Lichtwellenleitern vermieden werden.

DE 3741284 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen faseroptischen Mehrfachkoppler nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Mehrfachkoppler bestehen aus mehreren Eingangslichtwellenleitern, z. B. vier Quarzglaslichtwellenleitern, die über eine oder mehrere Koppelstellen mit mehreren Ausgangslichtwellenleitern, z. B. ebenfalls vier Quarzglaslichtwellenleitern, optisch verkoppelt sind. Dieser beispielhaft beschriebene Mehrfachkoppler wird auch als  $4 \times 4$ -Koppler bezeichnet. In Abhängigkeit von der Art der Koppelstelle(n) sind sogenannte Richtkoppler oder sogenannte Sternkoppler herstellbar.

Solche Mehrfachkoppler werden benutzt, um die in einem oder mehreren Eingangslichtwellenleitern ankommenden optischen Signale auf einen oder mehrere Ausgangslichtwellenleiter zu verteilen.

Die Erfindung betrifft einen solchen Mehrfachkoppler, bei welchem die Ein- und/oder Ausgangslichtwellenleiter insbesondere als Monomode-Lichtwellenleiter ausgebildet sind. Solche (Quarzglas-)Monomode-Lichtwellenleiter sind für hohe (Gigabit-Bereich) Nachrichtenübertragungsraten geeignet und besitzen einen lichtführenden Kern mit einem Durchmesser von ungefähr  $5 \mu\text{m}$  bis  $9 \mu\text{m}$  sowie einen diesen umgebenden Mantel mit einem Außendurchmesser von ungefähr  $125 \mu\text{m}$ .

Aus der EP 02 41 172 A2 ist ein Mehrfachkoppler bekannt, bei dem zur Herstellung eines beispielhaften  $4 \times 4$ -Kopplers zunächst vier (Quarzglas-)Lichtwellenleiter (zwei Paare) in einer Ebene angeordnet und anschließend zu einer gemeinsamen ersten bikonischen Koppelzone ausgezogen werden. Anschließend werden nebeneinander liegende Lichtwellenleiter (je einer von jedem Paar) gekreuzt. Diese geänderte Anordnung von Lichtwellenleitern wird nachfolgend zu einer gemeinsamen zweiten bikonischen Koppelzone ausgezogen. Um zu verhindern, daß sich die jeweils gemeinsam erzeugten Koppler in störender Weise gegenseitig beeinflussen, wird vorgeschlagen, die Lichtwellenleiter-Paare so zu verschmelzen, daß Zwischenräume entstehen, die z. B. mit Kitt oder einem sogenannten "Dummy"-Lichtwellenleiter gefüllt werden.

Eine derartige Entkopplung über eine Abstandsvergrößerung zwischen den Lichtwellenleiter-Paaren ist aber nur dann möglich, wenn die zugrunde liegende optische Kopplung mit Hilfe von evaneszenten Feldanteilen erfolgt. Es hat sich jedoch erwiesen, daß bei bikonischen Kopplern die Kopplung durch eine Modenüberlagerung erfolgt. Dabei bewirkt eine geringe Abstandsvergrößerung, z. B.  $100 \mu\text{m}$ , keine erwünschte Entkopplung. Es treten dagegen unerwünschte optische Zusatzverluste auf sowie eine unerwünschte ungleichmäßige Aufteilung der optischen Leistung auf die Ausgangslichtwellenleiter.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Mehrfachkoppler anzugeben, bei welchem eine störende optische Verkopplung zwischen bikonischen Koppelstellen vermieden wird und welcher insbesondere für die Verkopplung von Monomode-Lichtwellenleitern geeignet ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß eine Überkreuzung benachbarter Lichtwellenleiter ver-

mieden wird. Dadurch ist vorteilhafterweise ein räumlich kleiner Mehrfachkoppler herstellbar, der außerdem mechanisch robust ist.

Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß zwischen den bikonischen Kopplern (Schmelzkopplern) (Verbindungs-)Lichtwellenleiter, die keine weitere Koppelstelle, z. B. eine Spleißstelle, besitzen, vorhanden sind. Dadurch werden vorteilhafterweise zusätzliche störende optische Verluste vermieden. Außerdem ist auch dadurch eine besonders kompakte sowie störungsunanfällige Bauart eines Mehrfachkopplers möglich.

Die Erfindung beruht auf einem Herstellungsverfahren für bikonische Schmelzkoppler, welches z. B. aus der Druckschrift "Electronics Letters" 20, 6, Seiten 230 bis 232 (1984), T. Bricheno und A. Fielding "Stable Low-Loss Single Mode Couplers" bekannt ist. Danach werden zwei Monomode-Lichtwellenleiter mit einem Außendurchmesser des (Quarzglas-)Mantels von ungefähr  $120 \mu\text{m}$  auf einer Länge von einigen cm von der Primär- und Sekundär-Schutzschicht, z. B. Kunststoffschichten, befreit und dicht nebeneinanderliegend in eine motorbetriebene Ziehvorrichtung geklemmt. Die (Quarzglas-)Lichtwellenleiter werden erhitzt, z. B. mit einer Methan/Sauerstoff-Flamme, miteinander verschmolzen und in axialer Richtung auseinandergezogen. Es entsteht ein bikonischer Schmelzkoppler gemäß Fig. 1.

Wird z. B. im ersten Eingangslichtwellenleiter 1 Licht im Grundmodus mit der Eingangsleistung  $P_1$  in den Schmelzkoppler eingekoppelt, so hängt es im wesentlichen von den Abmessungen der verschmolzenen Koppelzone  $Z$  ab, wie sich die Eingangsleistung  $P_1$  auf die Ausgangsleistungen  $P_1'$ ,  $P_2'$  der in den Ausgangslichtwellenleitern 1', 2' geführten Grundmoden aufteilt. Entsprechendes gilt für das in dem zweiten Eingangslichtwellenleiter 2 im Grundmodus geführte Licht. Aus der Literatur, z. B. "Analyse d'un coupleur bidirectionnel à fibres optiques monomodes fusionnées" von J. Bures et al, Applied Optics, Vol. 22, No. 12, Seiten 1918 ff. (1983) oder "Design Limitation on Tapers and Couplers in Single Mode Fibres" von W. J. Stewart und J. D. Love, Proc. TOOC-ECOC '85, Seiten 559 ff. (1985) ist bekannt, daß die Leistungsaufteilung auf Schwebungseffekten der Moden desjenigen optischen Wellenleiters beruht, der aus der verschmolzene Koppelzone  $Z$  sowie dem diese umgebenden optischen Medium besteht.

Dieser Sachverhalt wird anhand der in Fig. 2 vergrößert dargestellten Koppelzone  $Z$  näher erläutert. Dabei wird angenommen, daß Licht lediglich in dem ersten Eingangslichtwellenleiter 1 geführt wird. In Fig. 2 sind schematisch verschiedene Intensitätsverläufe des Lichtes für verschiedene Längen  $Z_1$  bis  $Z_4$  der Koppelzone  $Z$  dargestellt. An den erwähnten Schwebungseffekten ist im wesentlichen Licht in den beiden niedrigsten Moden  $LP_{01}$  sowie  $LP_{11}$  beteiligt, deren Phasenbeziehungen zueinander sich über die Länge der Koppelzone ändern. Hätte beispielsweise die Koppelzone die Länge  $Z_2$ , so würde in die Ausgangslichtwellenleiter 1', 2' jeweils Licht mit gleicher Leistung eingekoppelt, d. h.  $P_1' = P_2' = 0,5 P_1$ . Bei der dargestellten Länge  $Z_4$  gilt  $P_1 = P_2'$ , d. h. die gesamte (Eingangs-)Leistung des ersten Eingangslichtwellenleiters 1 wird in den zweiten Ausgangslichtwellenleiter 2' gekoppelt. Je nach Länge der Koppelzone lassen sich daher optische Richtkoppler oder optische Leistungsteiler mit beliebigem Teilverhältnis herstellen. Mehrere derartige Schmelzkoppler mit einem Teilverhältnis von 1 : 1 lassen sich zu Transmissions-Sternkopplern mit  $N \cdot N$  Kanälen kaskadieren, wobei  $N$  die Anzahl jeweils der Eingangs- sowie der

Ausgangslichtwellenleiter angibt.

Fig. 3 zeigt beispielsweise einen 4 · 4-Sternkoppler, bestehend aus vier Eingangslichtwellenleitern 1 bis 4, vier Ausgangslichtwellenleitern 1' bis 4' sowie vier bikonischen Schmelzkopplern 5 bis 8 entsprechend den Fig. 1 und 2, bei welchen die zugehörigen Ein- und Ausgangslichtwellenleiter in der schematisch dargestellten Weise miteinander verkoppelt sind. Würde man bei der Herstellung eines solchen 4 · 4-Sternkopplers einzelne 2 · 2-Schmelzkoppler gemäß Fig. 1 verwenden, so müßten diese 2 · 2-Schmelzkoppler optisch miteinander verkoppelt werden, beispielsweise durch Spleißverbindungen an den zwischen den 2 · 2-Schmelzkopplern 5 bis 8 liegenden Stellen 9 bis 13. Solche Spleißverbindungen sowie die in Fig. 3 dargestellten Überkreuzungen sind in nachteiliger Weise technisch aufwendig und daher unwirtschaftlich sowie mit optischen Verlusten behaftet. Außerdem werden für Spleißverbindungen bestimmte Mindestlängen, z. B. jeweils 10 cm, der Lichtwellenleiter benötigt, so daß sich keine mechanisch kompakten N · N-Sternkoppler herstellen lassen.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung werden ebenfalls die in Fig. 1 erläuterten Schmelzkoppler benutzt, die auch für Monomode-Lichtwellenleiter geeignet sind. Diese Schmelzkoppler werden z. B. gemäß Fig. 3 durch in sich nicht verkoppelte Lichtwellenleiter verkoppelt, d. h. die zwischen den Schmelzkopplern vorhandenen Verbindungs-Lichtwellenleiter besitzen keine Koppelstelle, z. B. Spleiß- und/oder Steckverbindung. Erfindungsgemäß werden Überkreuzungen vermieden und es ist möglich, zwischen den Koppelzonen sehr kurze (ungefähr 0,5 cm) Verbindungs-Lichtwellenleiter herzustellen. Dieses wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Fig. 4a bis 7 näher erläutert.

Fig. 4a und 4b zeigen einen 4 · 4-Sternkoppler, bei dem die Monomode-Lichtwellenleiter 1 bis 4 nicht in einer Ebene (Fig. 3), sondern räumlich angeordnet sind. Gemäß Fig. 4a befinden sich die Lichtwellenleiter 1 bis 4 an den Eckpunkten eines Rechtecks. In einem ersten Arbeitsgang werden zunächst gleichzeitig oder nacheinander die Lichtwellenleiter 1 und 2 bzw. 3 und 4, z. B. vorzugsweise Quarzglas-Monomode-Lichtwellenleiter mit einem Außendurchmesser des Mantels von ungefähr 120 µm, miteinander verschmolzen, so daß zwei bikonischen Schmelzkoppler 5 bzw. 6 entstehen. Diese werden dann gemäß Fig. 4b in zwei Quarzglas-Halbzyylinder 18, 19 eingeklebt, die z. B. eine Länge von ungefähr 20 mm sowie einen Durchmesser von ungefähr 5 mm besitzen. Anschließend werden in einem weiteren Arbeitsgang die in Fig. 4a mit Linien verbundenen Lichtwellenleiter 1 und 3 bzw. 2 und 4 zu den weiteren bikonischen Schmelzkopplern 7 bzw. 8 verschmolzen. Die in sich nicht verkoppelten und nicht gekreuzten Verbindungs-Lichtwellenleiter 14 bis 17 (Fig. 4b) besitzen eine Länge von ungefähr 10 mm. Diese Anordnung wird dann in hohlen Halbzyindern 20, 21 untergebracht, die z. B. ebenfalls aus Quarzglas bestehen, eine Länge von ungefähr 40 mm, einen Außendurchmesser von ungefähr 7 mm sowie eine Wandstärke von ungefähr 1 mm besitzen. In den hohlen Halbzyindern 20, 21 sind außerdem weitere Quarzglas-Halbzyylinder 22, 23 vorhanden, welche zur mechanischen Lagestabilisierung der Schmelzkoppler 7, 8 dienen und welche ungefähr die gleichen Maße wie die Halbzyylinder 18, 19 besitzen. Eine derartige Anordnung ist kompakt, mechanisch robust und außerdem sind die optischen Komponenten (Schmelzkoppler, Verbindungs-Lichtwellenleiter sowie

die Ein- und Ausgangslichtwellenleiter) gut gegen Umwelteinflüsse schützbar.

Die Fig. 5 und 6, welche in ihrer Darstellungsart der Fig. 4a entsprechen, zeigen weitere Ausführungsbeispiele.

Fig. 5 zeigt einen 9 · 9-Tor-Koppler, bei dem zunächst in ersten Arbeitsgängen drei 3 · 3-Schmelzkoppler hergestellt werden. Diese werden — entsprechend Fig. 4b — in weiteren Arbeitsgängen gemäß den ausgezogenen Linien mit Hilfe weiterer 3 · 3-Schmelzkoppler weiterverkoppelt.

Fig. 6 zeigt einen 16 · 16-Tor-Koppler, welcher in ähnlicher Weise wie der 9 · 9-Tor-Koppler hergestellt wird.

Fig. 7 zeigt als weiteren Anwendungsfall der Erfindung einen 6-Tor-Koppler 24 für einen optischen Polarisations-Diversity-Empfänger. Dieser 6-Tor-Koppler 24 enthält zwei Polarisationssteiler-Koppler 5, 6 sowie zwei 1 : 1-Leistungsteiler-Koppler 7, 8. Dieser 6-Tor-Koppler 24 entspricht also der in den Fig. 4a, 4b dargestellten Anordnung. Es ist bekannt, z. B. aus der Druckschrift "Polarising Beamsplitter From Fused-Taper Couplers" von A. W. Snyder, Electronics Letters, 21, 14, Seiten 623 ff. (1985), daß die Polarisationssteiler-Koppler 5, 6 auch als bikonische Schmelzkoppler (Fig. 1) herstellbar sind. Mit 1 ist ein Eingangslichtwellenleiter, vorzugsweise ein Monomode-Lichtwellenleiter, bezeichnet, in dem ein optisches Wellenlängengemisch (Pfeil) dem 6-Tor-Koppler 24 zugeleitet wird. An dessen optischen Ausgängen befinden sich verschiedene elektrooptische Empfänger 25 bis 27 für die zu detektierenden unterschiedlichen Wellenlängen.

#### Patentansprüche

1. Faseroptischer Mehrfachkoppler, bestehend aus mindestens drei bikonischen Schmelzkopplern, dadurch gekennzeichnet

- daß die Schmelzkoppler (5 bis 8) durch in sich nicht verkoppelte Verbindungs-Lichtwellenleiter (14 bis 17) verkoppelt sind und
- daß die Eingangslichtwellenleiter (1 bis 4) sowie die Ausgangslichtwellenleiter (1' bis 4') jeweils zu einem Lichtwellenleiterbündel, dessen Querschnittsfläche ein Vieleck bildet, zusammengefaßt sind.

2. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Eingangs-, Ausgangs-, sowie Verbindungs-Lichtwellenleiter als Monomode-Lichtwellenleiter ausgebildet sind.

3. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungs-Lichtwellenleiter (14 bis 17) eine Länge besitzen, die im Bereich von 1 mm bis 100 mm liegt.

4. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelzkoppler (5 bis 8) über kreuzungsfrei verlegte Verbindungs-Lichtwellenleiter (14 bis 17) verkoppelt sind.

5. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Schmelzkoppler (5, 6) in einem zylinderförmigen Gehäuse (18, 19) befestigt ist.

6. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (18, 19) aus Quarzglas be-

steht.

7. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei seitlichen benachbarten Schmelzkopplern (5, 6) ein lateraler Abstand von mindestens 0,1 mm besteht.

8. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest seitlich benachbarte Schmelzkoppler (5, 6) eingebettet sind in ein optisches Medium, dessen Brechungsindex größer gleich demjenigen der Koppelzone (Z) ist, derart, daß ein optisches Überkoppeln zwischen den benachbarten Schmelzkopplern (5, 6) vermieden wird.

9. Faseroptischer Mehrfachkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche unter Verwendung von mindestens einem Polarisationssteiler-Schmelzkoppler sowie mindestens einem Leistungsteiler-Schmelzkoppler derart, daß ein Mehrtor-Koppler für einen optischen Diversity-Empfänger entsteht (Fig. 7).

25

30

35

40

45

50

55

60

65

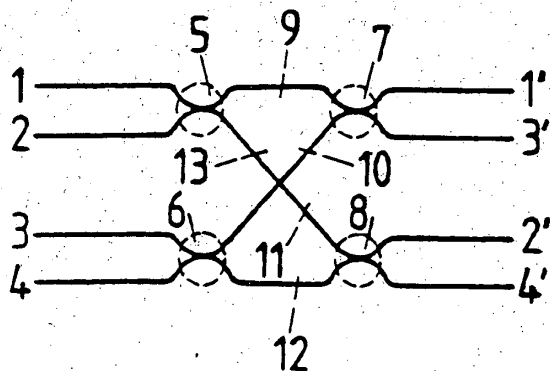
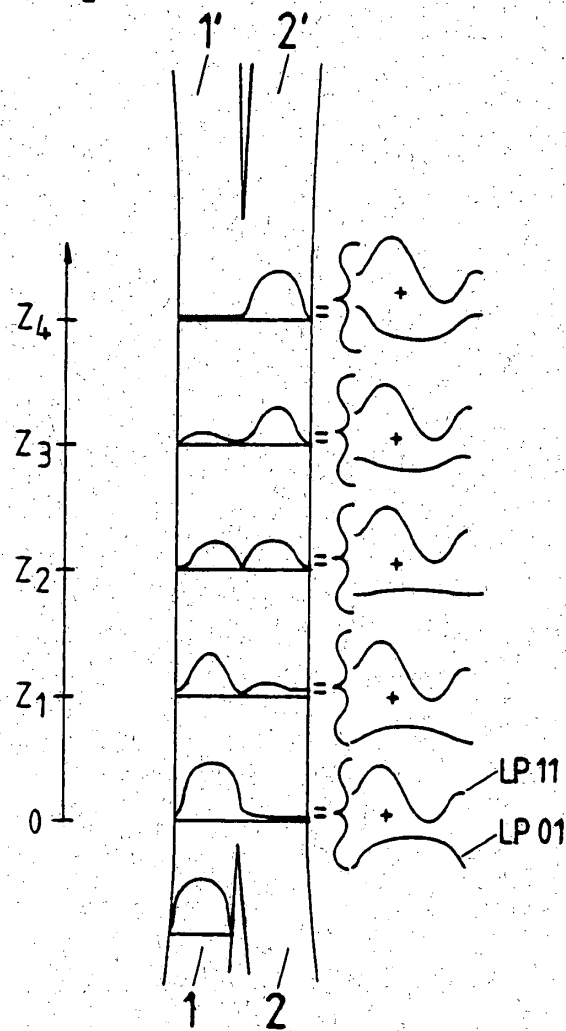
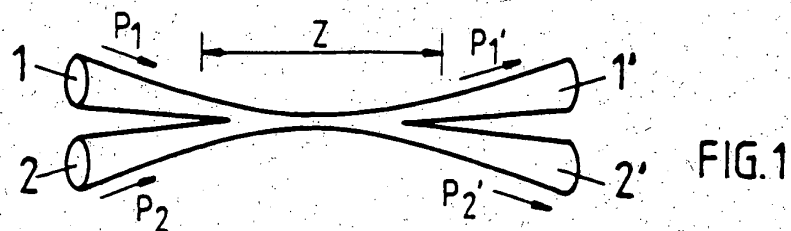
— Leerseite —

3741284

Numm  
Int. Cl.  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 41 284  
G 02 B 6/26  
5. Dezember 1987  
15. Juni 1989

1/3



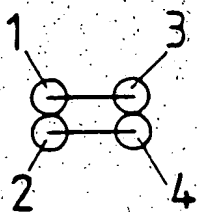


FIG. 4a

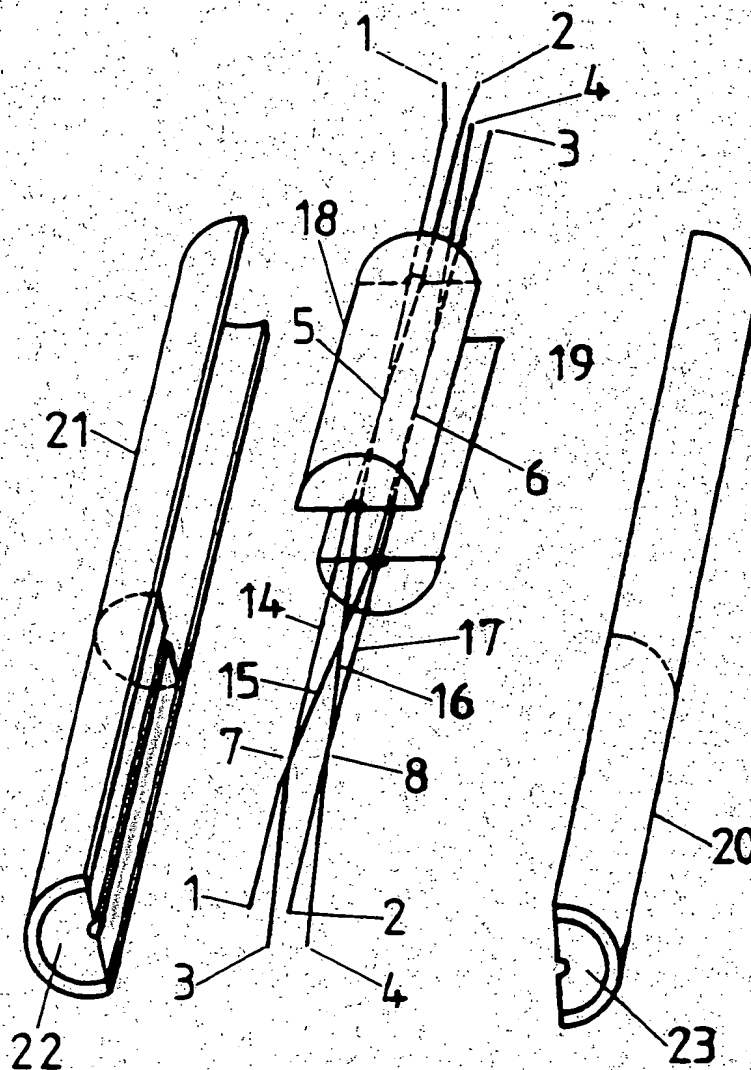


FIG. 4b

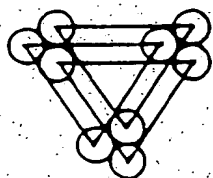


FIG. 5

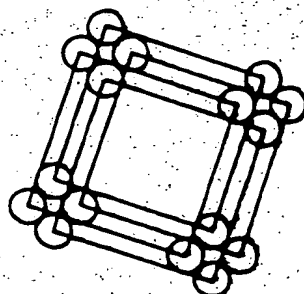


FIG. 6

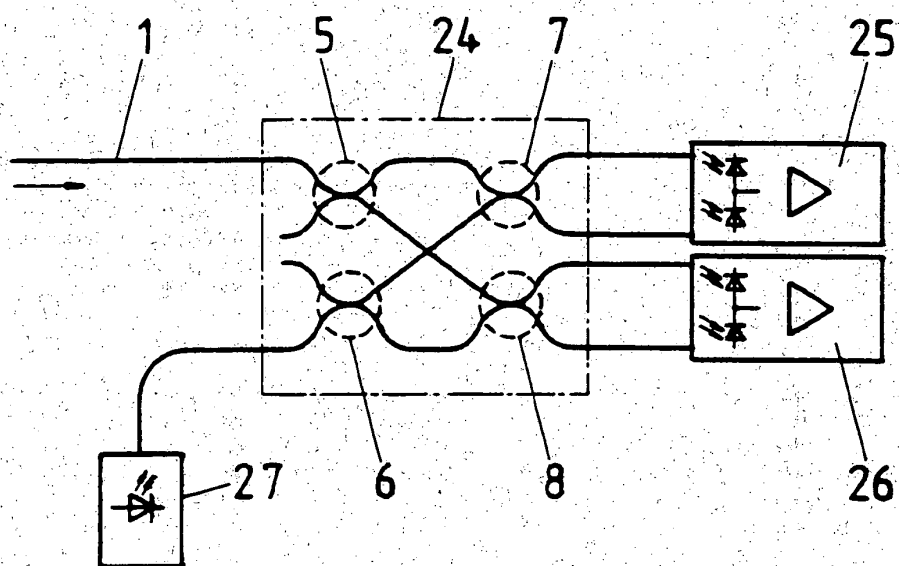


FIG. 7